CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 INTRODUCCION

En la presente tesis se desarrolló un observador de estado para estimar las temperaturas de un proceso de extrusión, con el objetivo de establecer un método indirecto que permita verificar la medición de temperatura de los equipos de medición asociados al proceso.

Se pretende que esta herramienta sea de valiosa ayuda en la verificación de calibración en línea de los instrumentos de medición de temperatura, en especial en aquellos procesos que requieren un paro de producción para verificar la calibración de éstos, ocasionando pérdidas económicas originadas por el desperdicio de producto. Estas actividades son inherentes en cualquier compañía porque deben asegurar que los equipos operen correctamente, con mayor razón si desean obtener, o ya obtuvieron un certificado de calidad, ya que las compañías certificadoras realizan auditorias periódicamente para verificar que los instrumentos sean calibrados rigurosamente bajo un programa establecido.

A continuación se presentan las conclusiones mas importantes derivadas de este trabajo de investigación, las aportaciones de este trabajo y un conjunto de recomendaciones para la realización de trabajos de investigación futuros en esta misma área.

6.2 CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas de este trabajo de investigación son:

- El proceso de extrusión es altamente sensible a las variaciones de temperatura del proceso, ya que afectan directamente la viscosidad del material fundido, ocasionando variaciones de flujo del material que se reflejan como una mala calidad del producto de salida. De este hecho se concluye la importancia de tener una medición de temperatura confiable que permita controlar las temperaturas del proceso.

- Se utilizó el modelo matemático de un extrusor con cinco zonas de calentamiento, que caracteriza el comportamiento de las temperaturas en cada zona del proceso. En este modelo no se considera la temperatura ambiente donde se encuentra localizado el extrusor y también se desprecian las variaciones de temperatura del producto que se alimenta al extrusor; sin embargo, estas simplificaciones no afectan la validez del modelo, ya que las temperaturas normales de operación de estos equipos son mucho mayores que la temperatura ambiente.

- En el diseño del observador de estado se consideró un sistema del tipo $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$, al despreciar los efectos de radiación y transferencia de calor del polímero, dada la temperatura normal de operación del extrusor. Como los polos del modelo son estables, además de que el objetivo del observador de estado es estimar

las temperaturas del proceso, mas que retroalimentar el estado como una acción de control, el diseño del observador se redujo al cálculo de la matriz de ganancia del observador.

- Para la validación del modelo del extrusor se simuló su respuesta ante dos situaciones, la pérdida de energía en las bandas calefactoras del extrusor y una acción de control encaminada a aumentar la temperatura del proceso. En ambas situaciones se observo una respuesta correcta del modelo, ya que se aprecian cambios de 1/40°C por segundo, que son similares a los reportados en la literatura sobre simulación de procesos de extrusión [2].

- La respuesta del observador de estado se analizó también ante las mismas situaciones en que se valido el modelo del extrusor. En los resultados obtenidos se observa que la salida del observador converge a los valores de temperatura del modelo en forma apropiada cuando su variables se inicializan en valor cero. El tiempo de respuesta del observador es menor a los 10 s, lo cual es bastante aceptable considerando que el proceso de extrusión de plásticos tiene asociadas constantes de tiempo muy grandes por tratarse de un fenómeno de transferencia de calor.

- Adicionalmente, también se puede observar que el observador de estado estabiliza antes de que se manifiesten cambios apreciables en las temperaturas del proceso, ya sean debido a una perturbación o acción de control, cualquiera que ésta sea.

- Finalmente, y en base a los resultados obtenidos, se puede llegar a la conclusión de que el observador de estado desarrollado en esta tesis puede ser utilizado como un método indirecto para la verificación de los registros de temperatura en tiempo real, de un proceso de extrusión de plásticos.

6.3 APORTACIONES

La principal aportación de este trabajo de investigación es la propuesta de un método indirecto para verificar en tiempo real la calibración de los sensores de temperatura en procesos de extrusión de plásticos. Este consiste en un observador de estado que estima las temperaturas del proceso. Implementado el observador en tiempo real, será posible establecer un registro histórico entre las temperaturas medidas y las estimadas del proceso; de esta forma, una diferencia de cierta magnitud entre ambos registros sería señal de que uno de los equipos de medición está fallando, y requiere revisión. Así, las revisiones y recalibración de equipos de medición se realizarían solo en caso necesario, con lo cual se reducirían pérdidas originadas por el paro del proceso asociado al proceso de recalibración.

Esta herramienta está orientada principalmente a mantener la continuidad de operación del proceso de extrusión, lo cual trae como consecuencia numerosas ventajas, como son un mejoramiento en el rendimiento, la eficiencia y la utilización de los equipos, mantener una calidad constante del producto, tener menores desperdicios del producto debido a paros de los equipos para verificar sus instrumentos de medición de temperatura, entre otras; todo lo anterior se refleja económicamente en reducción de costos y por consecuencia en incremento de utilidad del negocio.

6.4 RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, se recomienda continuar investigando en los siguientes aspectos:

- Establecer un procedimiento para la operación en tiempo real del observador de estado propuesto en esta tesis, tomando en cuenta las distintas condiciones de operación en los procesos de extrusión.

- Estudiar el comportamiento del observador de estado para evaluar el efecto de despreciar los efectos de la radiación y transferencia de calor en el polímero en el modelo matemático del proceso de extrusión.

- Desarrollo de un observador de estado considerando el modelo completo del extrusor descrito en esta tesis.

- Desarrollo de un observador de estado considerando otro modelo del extrusor, diferente al descrito en esta tesis.

- Extender los resultados de esta investigación a otras variables del proceso de extrusión, como la presión, la viscosidad del polímero, o a otros procesos industriales.

BIBLIOGRAFIA

[1] Dr. Carlos A. Guerrero Salazar
Journal of Polymer Engineering
Vol. 12 No. 3 1993.

[2] Dr. Carlos A. Guerrero Salazar
Simulation en Régime Stationnaire
et en régime transitoire d´une extrudeuse monovis
Ph. D. tesis, Ecole Polytechnique de Montreal
Abril 1986.

[3] Dr. Luis Francisco Ramos Devalle.
Propiedades de flujo y extrusión: Principios básicos
Centro de Investigación en Química
Editorial Limusa, México

[4] Ernest O. Doebelin
Measurement systems, application and design
Editorial McGraw-Gill
Cuarta edición, 1990.

[5] Gene F. Franklin
J. David Powell
Abbas Emami-Naeini
Editorial Addison Wesley Publishing Company
Mayo, 1987.

[6] Katsuhiko Ogata
Sistemas de Control en Tiempo Discreto
Editorial Hall Hispanoamericana
Segunda edición.

[7] Omega engineering, Inc., 1992
The temperature handbook vol.28

[8] MatLab for windows, versión 4.2
Mathworks, Inc., 1994

[9] Modern plastics encyclopedia
Vol. 51 N° 10 A
Editorial Mc Graw-Hill 1974

[10] Chi-Tsong Chen
Linear System Theory and Design

[11] Holt, Rigehart and Winston, Inc.
Editorial The Dryden Press
Saunders College Publishing

[12] Kurt Gieck
Manual de fórmulas técnicas
19a. edición, 1993
Editorial Alfaomega

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 2.1. Listado comparativo de ventajas y desventajas de los sensores de temperatura mas comunes.
Fig. 2.2. Elementos de resistencia.
Fig. 2.3. Configuración de dos puntas (Estilo 1).
Fig. 2.4. Configuración de tres puntas (Estilo 2).
Fig. 2.5. Configuración de cuatro puntas (Estilo 3).
Fig. 2.6. Configuración de dos puntas mas lazo (Estilo 4).
Fig. 2.7. Efecto de la resistencia de los cables de las puntas de conexión.
Fig. 2.8. Puente de Wheatstone.
Fig. 2.9. Puente de Wheatstone con RTD separado.
Fig. 2.10. Puente de Wheatstone de tres cables.
Fig. 2.11. Medición de resistencia de cuatro cables.
Fig. 2.12. Curva de adecuación de un termopar tipo S con respecto a un RTD.
Fig. 3.1. Diagrama esquemático de un extrusor.
Fig. 3.2. Sistema husillo-barril.
Fig. 3.3. Diferentes diseños de husillos.
Fig. 3.4. Filtro.
Fig. 3.5. Husillo con zona de descompensación.
Fig. 3.6. Localización de las 5 zonas de calentamiento en el extrusor.
Fig. 3.7. Contribución térmica en el subsistema.
Fig. 4.1. Diagrama esquemático del observador de estado.
Fig. 4.2. Sistema de regulación con un observador de estado.
Fig. 4.3. Sistema de control con realimentación del estado.
Fig. 4.4. Sistema de control con realimentación del estado observado.
Fig. 4.5. Esquema del observador de estado para el modelo de extrusión de plásticos.

Fig. 5.1. Señal de entrada utilizadas en las simulaciones.

Fig. 5.2. Comportamiento del modelo del extrusor ante la señal de la Fig. 5.1a.

Fig. 5.3. Comportamiento del modelo del extrusor ante la señal de la Fig. 5.1b.

Fig. 5.4. Comportamiento del observador ante la señal de la Fig. 5.1a.

Fig. 5.5. Comportamiento de los errores ante la señal de la Fig. 5.1a.

Fig. 5.6. Comportamiento del observador ante la señal de la Fig. 5.1b.

Fig. 5.7. Comportamiento de los errores ante la señal de la Fig. 5.1b.

APENDICE 1

TABLA DE RESISTENCIA CONTRA TEMPERATURA

Curva americana (α = 0.00392 ohms / ohm / °C).

°C	OHMS	°C	OHMS	°C	OHMS	°C	OHMS
0	100.00	26	110	60	123.2	330	223
1	100.39	27	111	70	127.1	340	226
2	100.78	28	111	80	130.9	350	230
3	101.17	29	111	90	134.7	360	233
4	101.56	30	112	110	138.5	370	237
5	101.95	31	112	120	142.3	380	240
6	102.34	32	112	130	146.1	390	244
7	102.73	33	113	140	149.8	400	247
8	103.12	34	113	150	157.3	410	250
9	103.51	35	114	160	161	420	254
10	103.9	36	114	170	164.8	430	257
11	104.29	37	114	180	168.5	440	261
12	104.68	38	115	190	172.2	450	264
13	105.07	39	115	200	175.8	460	267
14	105.46	40	116	210	179.5	470	271
15	105.85	41	116	220	183.2	480	274
16	106.24	42	116	230	186.8	490	278
17	106.63	43	117	240	190.5	500	281
18	107.02	44	117	250	194.1	510	284
19	107.4	45	117	260	197.7	520	288
20	107.79	46	118	270	201.3	530	291
21	108.18	47	118	280	204.8	540	294
22	108.57	48	119	290	208.5	550	297
23	108.96	49	119	300	212	560	301
24	109.35	50	119	310	215.6	570	304

APENDICE 2

CALCULO DE PARAMETROS DEL MODELO DE EXTRUSION DE PLASTICO

a) Datos del extrusor:

Parámetro	Valor
x_b	3.1500 m
$x_{b,1}$	0.4668 m
$x_{b,2}$	0.6417 m
$x_{b,3}$	0.6417 m
$x_{b,4}$	0.6417 m
$x_{b,5}$	0.7582 m
y	0.0110 m
δ	0.0010 m
w	0.0900 m
$x_{v,1}$	0.0450 m
$x_{v,2}$	0.0450 m
$x_{v,3}$	0.0450 m
$x_{v,4}$	0.0450 m
$x_{v,5}$	0.0000 m
$D_{b\ ext}$	0.2626 m
$D_{b\ int}$	0.1070 m

D_v	0.1050 m
$A_{a,1}$	0.3851 m^2
$A_{a,2}$	0.5293 m^2
$A_{a,3}$	0.5293 m^2
$A_{a,4}$	0.5293 m^2
$A_{a,5}$	0.6255 m^2
$A_{b,1}$	0.0451 m^2
$A_{b,2}$	0.0451 m^2
$A_{b,3}$	0.0451 m^2
$A_{b,4}$	0.0451 m^2
$A_{b,5}$	0.0451 m^2
$A_{p,1}$	0.1569 m^2
$A_{p,2}$	0.2157 m^2
$A_{p,3}$	0.2157 m^2
$A_{p,4}$	0.2157 m^2
$A_{p,5}$	0.2549 m^2
$A_{v,1}$	0.1540 m^2
$A_{v,2}$	0.2117 m^2
$A_{v,3}$	0.2117 m^2
$A_{v,4}$	0.2117 m^2
$A_{v,5}$	0.2501 m^2
m_b	1,112.2 kg
m_v	213.2 kg
W_1	8300 W
W_2	16600 W
W_3	16600 W
W_4	16600 W
W_5	4200 W
T_a	25 °C

T_b	280 °C

b) Datos del tablas:

Parámetro	Valor
ρ	7817 kg/m^3
CP_b	* 460 W seg/kg°C
K_b	* 16.3 W/m°C
K_p	0.2429 W/m°C
Nu	58.15

c) Parámetros calculados del modelo:

Parámetro	Valor
R	609,684
K_1	2.58 x 10^{-6}
K_2	1.88 x 10^{-6}
K_3	1.88 x 10^{-6}
K_4	1.88 x 10^{-6}
K_5	1.59 x 10^{-6}
$H_{a,1}$	4.65 x 10^{-6}
$H_{a,2}$	6.39 x 10^{-6}
$H_{a,3}$	6.39 x 10^{-6}
$H_{a,4}$	6.39 x 10^{-6}
$H_{a,5}$	7.56 x 10^{-6}
$H_{p,1}$	6.47 x 10^{-5}
$H_{p,2}$	6.47 x 10^{-5}

$H_{p,3}$	6.47×10^{-5}
$H_{p,4}$	6.47×10^{-5}
$H_{p,5}$	1.99×10^{-5}
C_1	-73.81×10^{-6}
C_2	-75.55×10^{-6}
C_3	-75.55×10^{-6}
C_4	-75.55×10^{-6}
C_5	-24.36×10^{-6}
P_1	0.01361
P_2	0.02723
P_3	0.02723
P_4	0.02723
P_5	0.00689

Las fórmulas usadas para el cálculos de los parámetros son las siguientes [2]:

$$C_i = -(K_1 + K_2 + H_{a,i} + H_{p,i})$$

$$K_i = K_b A_{b,i} / x_{b,i} R$$

$$R = (m_b + m_v)\, Cp_b$$

$$H_{a,i} = h_a A_{a,i} / R$$

$$H_{p,i} = [(x_{v,i}/w)\, h_{p,f}\, x_{v,i} D_v + (1 - x_{v,i}/w)\, h_{p,m} w D_v] / R$$

$$h_a = 1.3195\, [(T_b - T_a)/D_{b\,ext}]^{0.25}$$

$$h_{p,f} = NuK_p/\delta$$

$$h_{p,m} = NuK_p/y$$

$$P_i = W_i / R$$

APENDICE 3

NOMENCLATURA UTILIZADA

$\propto$	coeficiente de temperatura
δ	longitud de la hélice del tornillo al barril
θ	ángulo entre la hélice y la dirección perpendicular al husillo
η	viscosidad
ρ	densidad del barril y tornillo (acero inoxidable 8%Cr, 8% Ni)
σ	constante de Stefan-Boltzmann
%calentamiento	porcentaje de calentamiento
$A_{a,i}$, $A_{b,i}$, $A_{p,i}$	área de la superficie de calentamiento barril-aire, barril-barril, barril-polímero
$A_{v,i}$	área de la superficie de calentamiento del tornillo
CP_b, CP_v	calor específico del barril y tornillo
$D_{b\ ext}$	diámetro exterior del barril
$D_{b\ int}$	diámetro interior del barril
D_v	diámetro del tornillo
e	espesor del hélice del husillo
E	longitud (axial) entre dos hélices del husillo
h_a, h_p	coeficiente de transferencia de calor barril-aire y barril-polímero
H	longitud de la profundidad del canal del husillo
K_b	conductividad térmica del barril

K_p	conductividad térmica del polímero
L	longitud del husillo
m_b, m_v	masa del barril y del tornillo
P	longitud de campo ($P=E+e/\cos\theta$)
q1	calor del elemento calefactor
q2	calor del subsistema *"i + 1"*
q3	calor hacia el subsistema *"i – 1"*
q4	radiación y calor por convección
q5	calor hacia el polímero y el tornillo
R_1	resistencia de la punta 1
R_2	resistencia de la punta 2
R_3	resistencia de la punta 3
R_4	resistencia de la punta 4
R_T	resistencia total
R_E	resistencia del elemento
R_0	resistencia a 0 °C
T_a, T_b, T_p, T_v	temperatura del aire, del barril, del polímero y del tornillo
$T_{b,i+1}$	temperatura de barril en el subsistema *"i"*
Uz	velocidad máxima del fluido en dirección del canal
w	longitud del ancho del canal del husillo
W_i	máximo poder eléctrico de calentamiento del subsistema *i*
x_b	longitud total del barril
$x_{b,i}$	longitud del barril del subsistema *i*
$x_{v,i}$	longitud de la fase sólida entre hélices del tornillo
y	longitud de la masa del tornillo al barril
z	longitud del canal del husillo

APENDICE 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EXTRUSOR

Marca : Barmag

Modelo: T-95S

Tipo: 95S

Capacidad: 216 a 324 kg./hr.

El rango de operación de temperatura es de 260-295 °C. La operación esta basada en 65 RV nylon 6,6 con una viscosidad de 2000 poise a 288 °C a un promedio de 10 r.p.m. y una presión de 69 Bar.

El extruder es de husillo sencillo. Está diseñado para suministrar una alimentación estable y una salida de presión constante. La capacidad del motor es de la siguiente:

Motor CD.

Voltaje de 0-380 V.C.D.

Potencia de 66.3 kw.

El extruder consta con 5 zonas de calentamiento, todas las zonas tienen sistema de enfriamiento por abanicos. Las resistencias de calentamiento son de las siguientes capacidades:

Zona 1: 8.3 kw.
Zona 2: 16.6 kw.
Zona 3: 16.6 kw.
Zona 4: 16.6 kw.
Zona 5: 4.2 kw.

Los sensores de temperatura son RTD con doble sensor en todas las zonas.

GLOSARIO

Actuador.- Dispositivo final de control que actúa directamente con la variable de control para modificarla.

Alfa (∝).- Es el promedio del porcentaje de cambio de resistencia por grado centígrado de un dispositivo de resistencia de metal puro entre 0 °C y 100 °C. Usualmente se designa la letra griega alfa (∝), con unidades de ohm / ohm / °C. La alfa común para un RTD de Platino, es 0.00385 ohm / ohm / °C.

ANSI.- Instituto Nacional de Estándares Americanos.

Calibración.- Es el proceso de ajustar un instrumento o compilar una tabla de desviación, de esta manera la lectura puede ser correlacionada con el valor que se esta midiendo actualmente.

Celcius (Centígrados).- Es una escala de temperatura que define 0 °C al punto de congelación del agua y 100 °C al punto de ebullición del agua, al nivel del mar.

Cero Absoluto.- Es la temperatura a la cual la energía térmica esta al mínimo. Kelvin calculó que para 0 K, serían -273.15 °C o -459.7 °F.

Conductividad térmica.- Es la propiedad de un material para conducir calor, en forma de energía térmica.

CPS.- Ciclos por segundo. Es la unidad en la cual se expresa la frecuencia, sinónimo de Hertz.

DIN.- Instituto Holandés de Normas. Es una agencia holandesa que establece estándares de ingeniería y dimensión, que son reconocidos mundialmente.

DIN 43760.- Es el estándar que define las características de un RTD de Platino de 100 ohms, teniendo una curva de resistencia contra temperatura especificada por α = 0.00385 ohms por ohm por grado centígrado.

DMM.- Multímetro digital.

DVM.- Voltímetro digital.

Elemento del RTD.- Es la unidad sensora de temperatura. Existen dos tipos de elementos, el de alambre enrollado y el de película delgada.

Extrusor.- Maquinaria ó equipo utilizado para extruir material termoplástico.

Extruir.- Empujar con fuerza hacia fuera.

Fahrenheit.- Es una escala de temperatura que define 32 °F al punto de congelación del agua y 212 °F al punto de ebullición del agua, al nivel del mar.

FEM.- Fuerza contraelectromotriz.

Funda.- Es un tubo cerrado que inmoviliza al elemento protegiéndolo contra humedad y el medio a ser medido. La funda además proporciona protección y estabilidad a los alambres de transición del frágil elemento.

Husillo.- Tornillo, mandril.

IEC.- Comisión Electrotécnica Internacional.

ISA.- Sociedad de Instrumentistas de América.

IPTS.- Escala de Temperatura Práctica Internacional.

IPTS-48.- Escala de Temperatura Práctica Internacional de 1948. Puntos determinados en termometría establecidos por la Novena Conferencia General de Pesos y Medidas de 1948.

IPTS-68.- Escala de Temperatura Práctica Internacional de 1968. Puntos determinados en termometría establecidos por la Conferencia General de Pesos y Medidas de 1968.

Kelvin.- Símbolo K. Es la unidad de la escala de temperatura absoluta o termodinámica, basada en la escala Celcius, con 100 unidades entre el punto de congelación y ebullición del agua. 0 °C = 273.15 K (no se usa el símbolo de grado " ° " en la escala Kelvin).

Lazo de compensación.- Son los cables de compensación de resistencia para los elementos de los RTD's, donde un cable extra es puesto del instrumento hacia el RTD y de regreso al instrumento, sin conexión con el RTD.

Macroscópico.- Lo que se alcanza a ver a simple vista.

NIST.- Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.

PID.- Modo de control proporcional, integral y derivativo.

Precisión.- Es la cercanía de una lectura o indicación de un instrumento de medición al valor actual de la cantidad que está siendo medida.

PSI.- Libras por pulgada cuadrada.

Puente de Wheatstone.- Es una red de cuatro resistencias, una fuente de voltaje y un galvanómetro, conectadas de tal forma que cuando las cuatro resistencias se igualen, el galvanómetro indique cero defección o nula lectura.

Puntas de conexión.- Son los cables de extensión del elemento, existen cuatro estilos de conexión (dos cables, tres cables, cuatro cables y cuatro cables con lazo de resistencia).

Punto de congelación.- Es la temperatura a la cual una substancia en fase líquida se transforma a la fase sólida; comúnmente se refiere al punto de congelación del agua, el cual es 0 °C (32 °F) al nivel del mar.

Punto de ebullición.- Es la temperatura a la cual una substancia en fase sólida se transforma a la fase líquida.

Punto de fusión.- Es la temperatura a la cual una substancia en fase líquida se transforma a la fase gaseosa; comúnmente se refiere al punto de ebullición del agua, el cual es 100 °C (212 °F) al nivel del mar.

Punto de hielo.- Es la temperatura a la cual se congela el agua pura, 0 °C, 32 °F, 273.15 K.

Rankine (°R).- Es una escala de temperatura absoluta, basada en la escala Fahrenheit, con 180 ° entre el punto de congelación y ebullición del agua. 0 °F = 459.67 °R.

Repetibilidad.- Es la habilidad de una sonda o instrumento de dar la misma salida o lectura bajo repetidas condiciones idénticas.

Resistencia.- Es la resistencia al flujo de la corriente eléctrica, y se mide en ohms (Ω). Para un conductor, la resistencia esta en función del diámetro, la resistividad (una propiedad interna del material) y la longitud.

RTD.- Detector de temperatura por resistencia. Un detector de temperatura por resistencia opera con el principio del cambio de la resistencia eléctrica en alambre del elemento con respecto a la temperatura.

Seebeck coeficiente.- es el rango de cambio de una fem térmica, con respecto a una temperatura, normalmente se expresa en milivolts por grado.

Seebeck efecto.- Cuando un circuito esta formado por la unión de dos diferentes metales y las uniones están puestas a diferentes temperaturas, una corriente fluirá en el circuito causada por la diferencia de temperaturas entre las dos uniones.

Seebeck fem.- El circuito abierto causa un voltaje por la diferencia de temperatura entre las uniones fría y caliente de un circuito hecho de dos metales diferentes.

Sistema de control distribuido.- Centralización de las señales de sensores y actuadores en un gabinete el cual estos se encuentran distribuidos en diferentes áreas de la planta y que a la vez también se comunican entre sí.

Sonda.- Es un término genérico, que es usado para describir muchos tipos de sensores de temperatura, generalmente es un ensamble compuesto por un elemento, una funda, cables de conexión y una terminación o conector.

Terminación o conector.- Es la parte final de la sonda, a la cual se le conectarán los cables de extensión hacia el instrumento. Las terminaciones o conexiones estándar son: conector de cabeza, conector rápido, block terminal o cables de extensión.

Termistor.- Es un elemento sensor de temperatura compuesto de material semiconductor, el cual presenta un gran cambio en resistencia, proporcional a un cambio pequeño de temperatura.

Termopar.- Es la unión de dos diferentes metales, los cuales tienen una salida de voltaje proporcional a la diferencia de temperatura entre la junta caliente y la junta fría.

Termopozo.- Es un tubo cerrado diseñado para proteger sensores de temperatura de ambientes severos, altas presiones y flujos. Estos pueden ser instalados al sistema por medio de un tubo roscado o una brida soldada y usualmente están hechos de metales resistentes a la corrosión o materiales cerámicos, dependiendo de la aplicación.

Transductor.- Es un dispositivo que convierte la energía del parámetro que se esta midiendo en otra forma de energía, la cual será la salida del dispositivo. Por ejemplo: un termopar convierte la energía térmica en energía eléctrica (milivolts de salida).

Transmisor.- Es un dispositivo que es usado para transmitir la señal de temperatura de un termopar o RTD, por medio de un lazo de corriente de dos cables. El lazo tiene una fuente de voltaje externa y el transmisor actúa como una resistencia variable con respecto a la señal de entrada.

Triple punto del agua.- Es el estado termodinámico donde están presentes en equilibrio las tres fases: sólido, líquido y gas. El triple punto del agua es .01 °C.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

El Ing. Alejandro Hernández Garza es hijo del Ing. Antonio Hernández Rosas (†) y de María de la Luz Garza de Hernández (†), nació en la Cd. de Reynosa, Tamaulipas, México el día 2 de Octubre de 1971, realizó sus estudios de primaria, secundaria y preparatoria en la Cd. de Poza Rica, Veracruz, México. Sus estudios de licenciatura los realizó en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, obteniendo en el año de 1992 los títulos de Ingeniero en Control y Computación e Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

Su experiencia profesional es de 8 años en el área de Automatización y Control en la empresa Cementos Mexicanos S.A. de C.V. , ubicada en la Cd. de Monterrey, Nuevo León, México.

Es miembro de Sociedad de Instrumentistas de América (ISA) desde el año de 1994.

Esta Tesis titulada "Aplicación de observadores de estado para verificar lasa mediciones de temperatura en un proceso de extrusión" es presentada por el Ing. Hernández para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Control.